Aus dem Zoologischen Institut der Universität Bonn
(Direktor Prof. Dr. R. Danneel)

Farbuntersuchungen an Eichhörnchen aus verschiedenen Höhenlagen des Kamerungebirges*)

Von ERNST LUBNOW

Einleitung

Die Färbung von Säugetieren und Vögeln ist bekanntlich sehr oft bestimmten klimatischen Bedingungen zugeordnet. Man denke nur an die weißen Tiere arktischer Regionen oder an die typische „Sandfarbe" von Wüstentieren.

In solchen Extremfällen ist die Färbung zweifellos genetisch bedingt und läßt sich einfach als Anpassung durch Auslese verstehen.

Es gibt indes genügend Beispiele, bei denen nicht ohne weiteres zu entscheiden ist, ob es sich um genetisch verschiedene Rassen handelt, die sich bevorzugt in unterschiedlicher Umgebung angesiedelt haben, oder ob die Farbunterschiede trotz gleicher genetischer Konstitution der Tiere auf den direkten Einfluß von Außenbedingungen zurückzuführen sind, also eine Modifikation darstellen.

Ein Kreuzungsexperiment, das mit Sicherheit Antwort auf diese Frage geben würde, läßt sich oft wegen der mit der Haltung und Fortpflanzung von Wildtieren in der Gefangenschaft verbundenen Schwierigkeiten nicht durchführen.

Zudem kommt gerade die Wildfärbung durch mehrere z. T. voneinander unabhängige Faktoren zustande, was die Aussagemöglichkeiten über die Ursache einer Farbabweichung noch erschwert. Die Färbung des Haarkleides der Säugetiere wird praktisch ausnahmslos durch einen besonderen Farbstoff, das Melanin, hervorgerufen, das in Körnchen- oder Stäbchenform in den Haaren abgelagert wird. Die Melaninstrukturen können in den Farben Gelb, Orange, Braun und Schwarzbraun auftreten und erzeugen so die verschiedenen Farben der Säugerhaare. Über die chemische Zusammensetzung der Melanine sowie über den Chemismus der Farbunterschiede ist bisher nur wenig bekannt (Lubnow 1963).

Aus zahlreichen Untersuchungen an Kaninchen und Mäusen wissen wir jedoch, daß die Farbe der Melaninkörner genetisch bedingt ist, und wir kennen bei den genannten Nagern, wenigstens bei domestizierten Rassen, auch recht viele solcher Farbfaktoren.

---

*) Herrn Prof. Dr. R. Danneel zum 65. Geburtstag gewidmet.

Abb. 1: Übergang vom Rückenhaar (links) über die Flanke zum Bauchhaar (rechts) (nach Danneel).

Die typisch graubraune „Wildfarbe" ist das Ergebnis des Zusammenwirkens zweier verschiedener Farben. Das sonst einheitlich schwarzbraun pigmentierte Haar enthält im distalen Drittel eine anders gefärbte Wildbinde (Abb. 1). Es können auch mehrere Binden über das Haar verteilt sein. Diese Binde kann unpigmentiert, blaßgelb, intensiv gelb oder auch rötlichgelb gefärbt sein; Lage, Farbe und Ausdehnung der Binde bestimmen in der Hauptsache zusammen mit den schwarzen Haarteilen die Fellfarbe. Die Bauchhaare enthalten, zumindest in der Spitze, wenig oder gar kein schwarzes Pigment und sind infolgedessen meist ziemlich hell (Wildbauch). Da es sich immer um braune Farbtöne handelt, ist schon eine genaue Beschreibung, erst recht aber eine exakte Festlegung der Wildfarben schwierig.

Ich habe nun versucht, die Fellfarben einiger Lokalrassen freilebender Wildtiere farbmetrisch zu erfassen und die Ursachen der hier vorliegenden Färbungsunterschiede zu ermitteln.

Material und Methoden

In neuerer Zeit hat Eisentraut (1957) die Säugetierfauna des Kamerungebirges untersucht und dabei Farbunterschiede bei Tieren gleicher Art in verschiedenen Höhenlagen festgestellt. Er überließ mir freundlicherweise 4 Eichhörnchen-Bälge aus seinem großen Sammlungsmaterial, das zahlreiche Farbvarianten enthält:

Reg.-Nr.	Art	Fangdatum	Fundort, Höhe	Farbe der Unterseite
670	*Funisciurus leucogenys auriculatus*	23. 2. 58	Nordseite des Kamerungebirges 600 m	rotbraun
44	*Funisciurus leucogenys auriculatus*	15. 11. 57	oberhalb Buea 1600 m	gelblich-weiß
215	*Heliosciurus rufobrachium obfuscatus*	17. 12. 57	NO-Seite des Kamerungebirges 150 m	rostbraun
49	*Heliosciurus rufobrachium obfuscatus*	16. 11. 57	oberhalb Buea 1600 m	grau

Es handelt sich also um zwei verschiedene Arten (und Gattungen) mit je zwei Individuen. Die beiden in tieferen Lagen gefangenen Hörnchen zeigen rötlich-braune Farbtöne der Fellunterseite, die den auf 1600 m erbeuteten Artgenossen fehlen.

Die zahlenmäßige Bestimmung der Fellfarben erfolgte nach einem als CIE-System bekannten Verfahren, dessen Anwendung auf biologische Objekte an anderer Stelle ausführlich beschrieben wurde (Lubnow und Niethammer, 1964).

Zur Ermittlung der die Fellfarben bestimmenden morphologischen Ursachen wurden zunächst etwa 40 Haare von jedem Balg an jeweils der gleichen Stelle des Rückens entnommen und die Luft aus den Haaren durch mehrtägiges Einlegen in Glyzerin oder Methylbenzoat bei 60° C entfernt. Die Spitzen- und Bindenlängen wurden dann unter der binokularen Lupe mit einer Okularstrichplatte gemessen.

Ergebnisse

Die Tabelle 1 zeigt die durchschnittlichen Spitzen- und Bindenlängen der 4 untersuchten Eichhörnchen.

Tabelle 1

	Funisciurus		*Heliosciurus*	
Balg Nr.	670	44	215	49
Farbe der Unterseite	rotbraun	gelblich-weiß	rostbraun	grau
durchschnittliche Länge in mm:				
Spitze	2,1 ± 0,22	2,2 ± 0,21	2,8 ± 0,32	2,6 ± 0,36
Binde 1:	2,2 ± 0,11	1,9 ± 0,07	1,1 ± 0,05	1,0 ± 0,05
schwarzes Zwischenstück:			4,4 ± 0,08	4,3 ± 0,13
Binde 2:			2,1 ± 0,03	2,1 ± 0,02

Die Basis der Haare und die zweite Binde bei *Heliosciurus* sind hier uninteressant, weil die basalen Haarteile stets von den Spitzenteilen überdeckt sind und so auf die äußere Fellfärbung keinen Einfluß haben.

Wegen der unterschiedlichen Anzahl der gemessenen Haare wurden die Werte jeweils in Prozente umgerechnet. Diese Messungen wurden ferner ausschließlich an Rückenhaaren durchgeführt, weil die Bauchhaare keine schwarzen Spitzen und daher auch keine Binden im eigentlichen Sinne haben (Abb. 1).

Wie man sieht, sind zumindest die Bindenbreiten von *Funisciurus* und *Heliosciurus* deutlich verschieden. Es handelt sich hier ganz sicher um

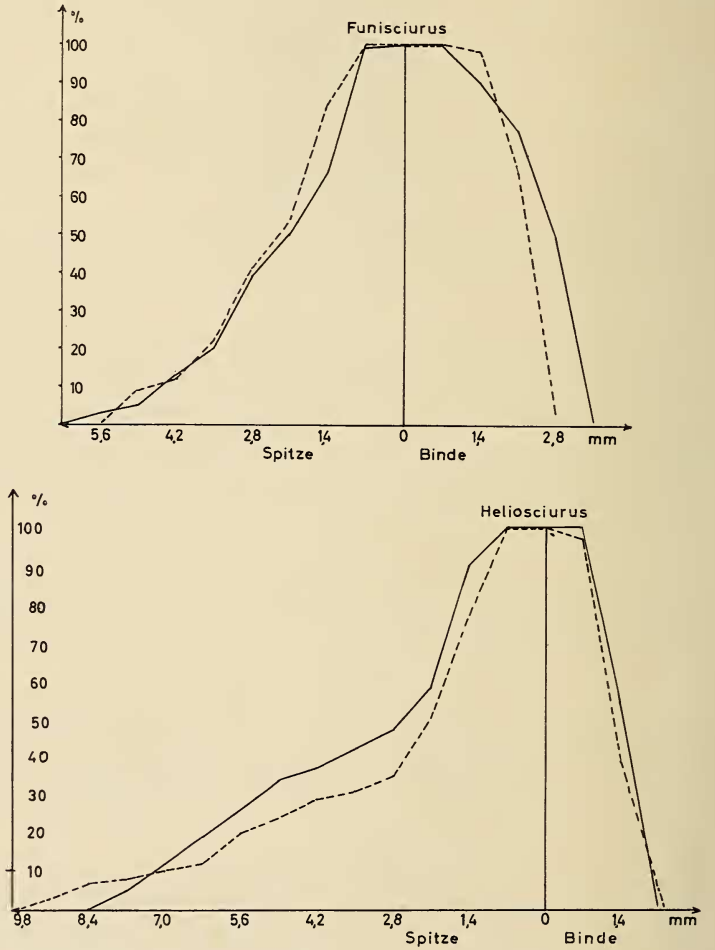

Abb. 2: Spitzenlängen und Bindenbreiten als Summenkurven dargestellt, die Spitzen nach links, die Binden nach rechts vom Nullpunkt aus (= 100 %) aufgetragen a = *Funisciurus*, b = *Heliosciurus*. Die ausgezogene Linie bezeichnet die rotbraune Tieflandform, die Strichellinie die graue Hochlandform.

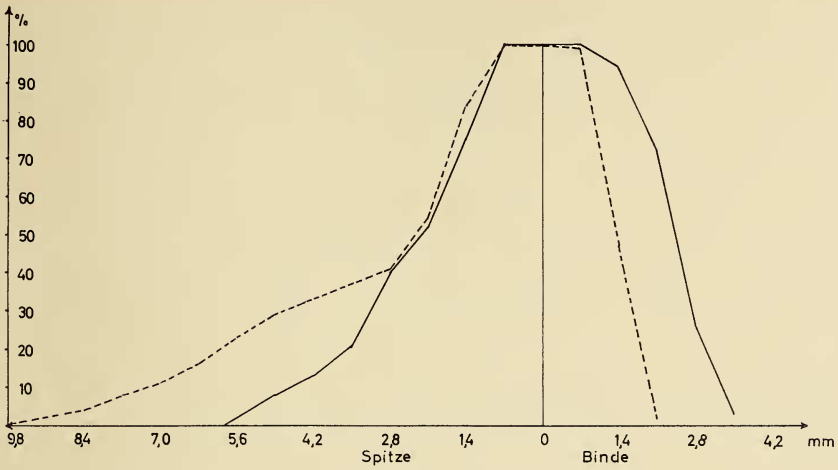

Abb. 3: Addition der beiden Summenkurven von *Heliosciurus* — — — — — — und *Funisciurus* ————

erbliche Unterschiede. Wie wir aus Untersuchungen an wildfarbigen Kaninchen wissen (Gassenmeier, unveröffentlicht), sind nämlich die Bindenbreiten und die Spitzenlängen wildfarbiger Haare im Rahmen einer gewissen Variationsbreite streng genetisch festgelegt. Das Fehlen klarer Unterschiede dieser Art bei den rotbraunen und grauen Typen deutet schon darauf hin, daß das verschiedene Aussehen der Farbvarianten aus verschiedenen Höhenlagen nicht auf eine genetisch bedingte Veränderung der Farbverteilung in den Haaren zurückzuführen ist.

Eine anschauliche Übersicht über die Farbverteilung in den Haaren vermitteln die graphischen Darstellungen der Abb. 2—4, in denen die Spitzenlängen und die Bindenbreiten als Summenkurven zusammengefaßt sind. Man erhält dadurch einen Eindruck von der prozentualen Verteilung der verschiedenen Abschnittslängen, die ja aus den Mittelwerten nicht ersichtlich sind.

Nach Abb. 2 ergeben sich dabei keine wesentlichen Unterschiede zwischen den jeweiligen Hochland- und Tieflandformen von *Funisciurus* bzw. *Heliosciurus*.

Für die Abb. 3 wurden die Werte der beiden Vertreter von *Heliosciurus* einerseits und *Funisciurus* andererseits addiert und jeweils auf 100 % Gesamtsumme zurückgerechnet. Man erkennt aus den Kurven sofort die farbgenetische Verschiedenheit der beiden Gattungen. Die Binde von *Heliosciurus* ist im Mittel nur etwa halb so breit wie diejenige von *Funisciurus* (s. Tab. 1). Andererseits hat *Funisciurus* nicht so lange Spitzen aufzuweisen wie *Heliosciurus*. Über diese Relation wird an anderer Stelle berichtet werden.

Addiert man dagegen die beiden Hochlandtypen und dann die beiden Tieflandformen (Abb. 4), so zeigt sich eine sehr gute Übereinstimmung der Kurven, wonach wohl endgültig feststeht, daß die Anordnung der Farbverteilung in den Haaren bei den beiden unterschiedlichen Höhenformen nicht die Ursache ihrer Farbverschiedenheit ist.

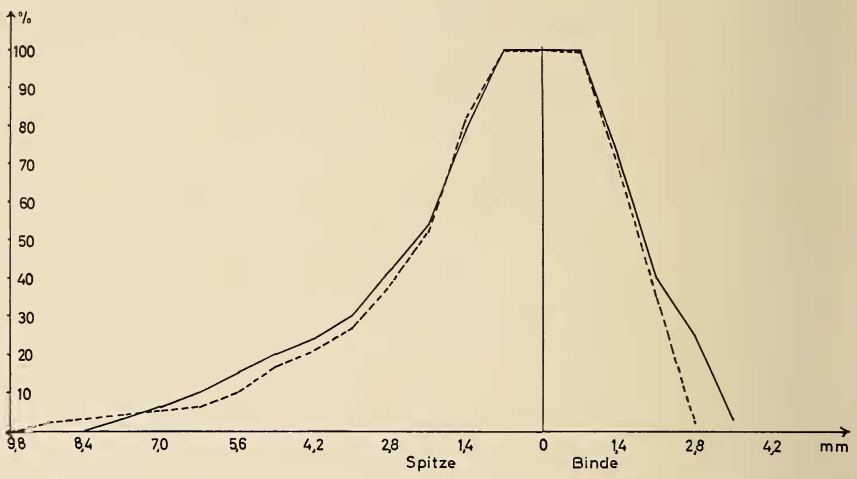

Abb. 4: Addition der Summenkurven der beiden rotbraunen (215 und 670) ———— und der beiden grauen Bälge (49 und 44) — — — —

Da das verschiedene Aussehen der Hochland- und Tieflandformen somit also nicht auf der Farbverteilung im Haar beruht, kann es nur auf eine verschiedene Farbe der Haarpigmente zurückgeführt werden.

Die Bestimmung der Fellfarben nach dem CIE-System erbrachte die Werte der Tabelle 2, wo Y die Helligkeit, λ die farbtongleiche Wellenlänge (den „Farbton") und p die Sättigung (die Farbintensität) bedeutet.

Tabelle 2

	Funisciurus		*Heliosciurus*	
Balg Nr.	670	44	215	49
Farbe der Unterseite	rotbraun	gelblich-weiß	rostbraun	grau
Rücken:				
Y	2,7	3,1	4,3	3,9
p	0,34	0,38	0,31	0,31
λ (nm)	592	588	584	582
Bauch:				
Y	23,0	40,0	13,0	15,0
p	0,67	0,45	0,60	0,36
λ (nm)	585	580	584	580

Die Zusammenstellung zeigt, daß sich der objektiv gemessene Gesamtfarbeindruck beim Rückenfell nur wenig unterscheidet. Dies ist auch verständlich, weil hier die relativ langen schwarzen Haarteile alle anderen Farben überdecken und quantitativ stark zurückdrängen.

An der Bauchseite treten die Färbungsunterschiede dagegen sehr deutlich hervor, weil das schwarze Pigment dort ganz oder teilweise fehlt, wie man auch an den Helligkeitswerten Y direkt ablesen kann. Bei *Heliosciurus* ist auch auf der Bauchseite noch eine schwarze Teilpigmentierung vorhanden; hier ist also auch die Helligkeit herabgesetzt, und zwar bei beiden „Lokalformen". Sonst aber wird die Helligkeit der Bauchseite weitgehend von der Menge der vorhandenen gelbroten Pigmente bestimmt.

Die Intensität der Gelbrotfärbung erhellt aus den p-Werten für den spektralen Farbanteil. Sie liegt bei den Tieflandformen wesentlich höher als bei den Gebirgsformen; die Bauchseite der ersteren ist also intensiver gefärbt. Bei den letzteren ist weniger Gelb vorhanden, die Fellfärbung erscheint somit blasser.

Die farbtongleiche Wellenlänge wäre wahrscheinlich bei allen Formen gleich, wenn das gelbe Pigment nicht mit der gelbgrünen Farbe des Keratins der Haare interferierte. Je größer die Menge des gelbroten Pigments ist, desto mehr überwiegt seine Farbe und desto stärker verlagert sich die farbtongleiche Wellenlänge in Richtung auf den roten Bereich des Spektrums. Die mikroskopische Untersuchung der Haare bestätigte diesen Befund. Die Tieflandformen wiesen mehr und intensiver gefärbte gelbrote Pigmentkörner auf, und zwar sowohl in der Binde der Rückenhaare als auch im distalen Teil der Bauchhaare.

Die Farbverschiedenheit zwischen den Tiefland- und Gebirgsformen beruht also lediglich auf Unterschieden in der Färbungsintensität der sonst gleich gebauten Haare, wobei die Färbung durch das im Haar vorhandene gelbrote Pigment bedingt ist.

Über die Farbgenetik der Eichhörnchen ist nur wenig bekannt; bei Mäusen und Kaninchen kennen wir dagegen Erbfaktoren, die als Gelbverstärker wirken.

Vorläufig kann man also nicht entscheiden, ob die lokal bedingten Farbunterschiede bei den Eichhörnchen auf einer Mutation oder einer Modifikation beruhen.

Schrifttum

Amtmann, E. (1965): Zur geographischen Farbvariation des afrikanischen Riesenhörnchens *Protoxerus stangeri*. Z. Morph. Ökol. Tiere 55, 515—529.

Cleffmann, G. (1953): Untersuchungen über die Fellzeichnung des Wildkaninchens. Z. indukt. Abstammungs- und Vererbungslehre 85, 137—162.

Danneel, R. (1947): Phänogenetische Untersuchungen über die Haar- und Fellzeichnung des Wildkaninchens. Biol. Zentrbl. 66, 330—343.

— (1949): Haarzeichnung und Fellmuster des Wildkaninchens. Verh. Dtsch. Zool. Ges. in Kiel 1948, 36—41.

Eisentraut, M. (1957): Beitrag zur Säugetierfauna des Kamerungebirges und Verbreitung der Arten in verschiedenen Höhenstufen. Zool. Jahrb. 85, 501—672

— (1963): Die Hörnchen von Fernando Poo. Bonn. zool. Beitr. 14, 177—186.

— (1965): Rassenbildung bei Säugetieren und Vögeln auf der Insel Fernando Poo. Zool. Anz. 174, Heft 1.

Hoesch, W. (1956): Das Problem der Farbübereinstimmung von Körperfarbe und Untergrund. Bonn. zool. Beitr. 7, 59—83.

Lubnow, E. (1963): Die Haarfarben der Säugetiere. Biol. Zentrbl. 82, Heft 4.

— und G. Niethammer (1964): Zur Methodik von Farbmessungen für taxonomische Untersuchungen. Verh. Dtsch. Zool. Ges. in München 1963, 646—663.

Nachtsheim, H. (1949): Vom Wildtier zum Haustier. Berlin.

Niethammer, G. (1953): Zur Vogelwelt Boliviens. Bonn. zool. Beitr. 4, 195—303.

Rensch, B. (1936): Studien über klimatische Parallelität der Merkmalsausprägungen bei Vögeln und Säugern. Arch. Naturgesch., N. F. 5, Heft 3.

Robinson, R. (1958): Genetic studies of the rabbit. Bibliographia Genetica, XVII, S. 229—558.

Zwei Nachträge zu: „Die Reptilien von Fernando Poo"

Nach dem Erscheinen der im Titel genannten Arbeit (diese Zeitschr. 15: 211—238, 1965) über die Reptilien-Ausbeute Eisentrauts auf Fernando Poo habe ich noch zwei weitere Angaben nachzutragen.

Bei der Zusammenstellung einer Liste der Chamaeleoniden für das „Tierreich" stieß ich auf eine weitere nominelle Art, deren terra typica Fernando Poo ist: *Chamaeleon bibroni* Martin (1838: 65). Dieses Chamäleon stellt das ungehörnte ♀ von *Chamaeleo owenii* Gray dar, dessen terra typica ebenfalls Fernando Poo ist. Somit erfahren unsere Kenntnisse über die Herpetofauna dieser Insel keine Erweiterung.

Anders ist es hingegen mit der kleinen harmlosen Natter *Bothrolycus ater* Günther, die bisher zwar in keiner systematisch-faunistischen Arbeit für Fernando Poo genannt worden ist, die aber Boulenger (1919: 668) in einer Arbeit über den Geschlechtsdimorphismus dieser Schlange außer für Kamerun und Ituri auch für Fernando Poo anführt. Somit erhöht sich die Zahl der von dieser Insel bekannten Schlangenarten von 33 auf 34.

Schriften

Boulenger, G. A. (1919): Un cas intéressant de dimorphisme sexuel chez un serpent africain (Bothrolycus ater Günther). — CR. Acad. Sci. Paris 168: 666—669.

Martin, W. (1838): On some species of Chameleon from Fernando Po. — Proc. zool. Soc. London 1838: 63—65.

Robert Mertens